

Dispositivo tipo wearable para el monitoreo de los pacientes asintomáticos con Covid-19

Caytano, Alexys; Guarnizo, Giancarlo; Hidalgo, Fernanda; Irribari, Angel; Latorre, Itala; Loli, Vivian; Soria, Kriss.

Fundamentos de Biodiseño 2020-2, Ingeniería Biomédica PUCP-UPCH

Resumen— El coronavirus es un síndrome respiratorio agudo grave 2 (SARS-CoV-2), de misma forma es un betacoronavirus previamente desconocido que se descubrió en muestras de lavado broncoalveolar tomadas de grupos de pacientes que presentaron neumonía de causa desconocida en la ciudad de Wuhan.

Una característica estructural única es el dominio de unión del receptor de la glicoproteína de la espiga del SARS-CoV-2 (que es responsable de la entrada del virus en las células huésped), confiere una afinidad de unión potencialmente más alta para el ACE2 en las células huésped en comparación con el SARS-CoV.

El virus utiliza la serina proteasa de la transmembrana del huésped 2 (TMPRSS2) para el cebado de la proteína S y la fusión de las membranas celulares del virus y de la célula huésped, en el cual afecta de manera grave al sistema respiratorio. Los síntomas que tiene esta enfermedad son: Fiebre o escalofríos, tos, dificultad para respirar, fatiga, dolores musculares y corporales, dolor de cabeza, pérdida reciente del olfato o el gusto, dolor de garganta, congestión nasal, náuseas, vómitos o diarrea.

El principal objetivo de este estudio fue proponer un diseño de dispositivo portátil para la monitorización de un paciente que presente los síntomas de dicha enfermedad. El dispositivo fue implementado en la parte de la muñeca para que uno de los sensores pudiera conectar con la parte del pulso radial, puesto que el sensor MAX30102 necesita contactar con la piel, mediante el sensor se podrá ver la saturación del oxígeno en la sangre del paciente no baje del 90%, ya que se busca priorizar que el usuario no llegué a tener una hipoxia silenciosa grave u otras complicaciones.

El otro sensor utilizado para el dispositivo es el LM35 que ayudará a captar la temperatura corporal del paciente, puesto que uno de los síntomas del coronavirus es la fiebre, a lo que se busca tener un control, en el que se tiene un rango entre 36°C a 38°C.

I. INTRODUCTION

A. Contexto

El coronavirus es el mayor problema presente en este año, los países están luchando por salir adelante y reducir el número de muertes posibles. El Perú no es indiferente a este problemática mundial, actualmente hay casi 1 millón de personas infectadas las cuales en su mayoría son asintomáticas (80%) según los datos registrados en el informe del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA. [1] Según el protocolo del MINSA, los asintomáticos tienen que guardar

una cuarentena de 14 días, y al finalizar ese tiempo se realiza una prueba para confirmar el descarte de la enfermedad. A este tipo de pacientes también se les realiza un seguimiento a través de llamadas y mensajes para ver la evolución de la enfermedad, sin embargo, esta forma de control no está funcionando correctamente y ello se ve reflejado en los aumentos de casos positivos y la tasa de mortalidad en el país. [2]

Uno de los problemas que presentan las personas con COVID-19 es que desarrollan la hipoxia o llamado también neumonía silenciosa. Este fenómeno poco común hace referencia a una disonancia entre los valores de saturación de oxígeno en sangre y la ausencia de síntomas relacionados con la dificultad respiratoria. Esto le ocurre al 5% de los casos de coronavirus y se presenta en la segunda semana de la enfermedad.

B. Problemática

Se detectó que el principal problema es el escaso monitoreo a distancia de los pacientes con COVID-19 asintomáticos, quienes son una fuerte fuente de contagio en la sociedad; Por lo cual, se considera como una acción eficiente el poder monitorearlos de manera diaria para tener conocimiento sobre el desarrollo de la enfermedad en ellos.

C. Estado del arte

Se realizó una búsqueda de soluciones tanto comerciales como científicas. En el área de software, se pudo identificar 4 aplicaciones relacionadas al COVID-19. Algunas de ellas permitían la evaluación y el seguimiento de síntomas e historial de evaluaciones de diferentes personas como la aplicación Ada, por ejemplo. A continuación, se detalla sobre las aplicaciones mencionadas anteriormente.

COVIDSafe. Es una aplicación australiana que funciona con las señales de Bluetooth® que se utilizan para determinar cuándo está cerca de otro usuario de COVIDSafe. También registra de forma segura cuando se ha estado en contacto cercano con otros usuarios de la aplicación, lo cual permitirá que los funcionarios de salud estatales y territoriales se comuniquen con la persona si ha estado en contacto cercano con alguien que haya dado positivo por el virus. [3]

Software que ayuda a la detección de Covid 19

Se trata de un software artificial ,procedente de Israel, que permite "leer" la piel humana e identificar valores que los epidemiólogos asocian con una posible infección por COVID-19. La aplicación monitorea los cambios en cinco signos vitales claves comunes en casi todas las infecciones por coronavirus: frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria, nivel de estrés mental y variabilidad de la frecuencia cardíaca. Ello lo realiza midiendo variaciones casi imperceptibles en el tono de la piel. [4]

Covid Symptom Tracker

Esta aplicación permite a los usuarios realizar un informe diario de cualquier síntoma. A las personas que utilizan la aplicación se les pide que proporcionen información personal, incluida la edad, el sexo, la altura, el peso y el código postal, y que enumeren cualquier condición de salud crónica, incluida la enfermedad cardíaca, pulmonar o renal, la diabetes y el uso regular de inmunosupresores o anti-esteroides. Aunque no está diseñado específicamente para covid-19, se espera que esto pueda ayudar a monitorear la distribución regional y las tendencias en la transmisión del coronavirus. [5]

Ada Es una aplicación la cual mediante diferentes preguntas llega a posibles causas de la molestia. La aplicación permite la evaluación de diferentes personas, seguimiento de síntomas e historia de evaluaciones. Al descargarla se puede ingresar datos como peso, estatura e historial del paciente. Es gratuita, interactiva, intuitiva, optimizada por doctores y actualizada con datos recientes. [6]

También se identificaron 5 dispositivos relacionados al COVID-19, en los que destacan el oxímetro de pulso en el dedo, Vital Patch y Xiaomi Amazfit X.

Oxímetro de pulso en el dedo. Este dispositivo se usa para la medición indirecta del porcentaje de saturación del oxígeno en la sangre y también se puede usar para medir el pulso cardíaco a través del dedo. Es colocado generalmente en el dedo índice o en el lóbulo de la oreja donde hay una mayor microcirculación, a través de la tecnología fotoeléctrica de la inspección de Oxihemoglobina se puede medir los glóbulos rojos que van circulando por el organismo, de esta manera se mide la intensidad de la luz polarizada y se interpreta cuánta hemoglobina está circulando para poder calcular la saturación de oxígeno en la sangre del paciente. [7]

VitalPatch. Es un dispositivo aprobado por la FDA de control de la salud, que monitorea ocho mediciones fisiológicas de forma continua, en tiempo real. El dispositivo es capaz de monitorear un ECG de derivación única, la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y los niveles de saturación de oxígeno en sangre. Los datos son enviados a la plataforma vista solución, que también pertenece a Vital Connect, donde los datos son analizados. [8]

Xiaomi Amazfit X En una pulsera deportiva con pantalla curva que tiene 7 días de autonomía, GPS y mide el nivel de oxígeno en sangre. Promete monitorizar la frecuencia cardíaca "las 24 horas del día, de forma continua e ininterrumpida". Pero adicional a la frecuencia cardíaca el sensor también mide los niveles de oxígeno en sangre mediante la luz infrarroja del sensor. Cuenta con un aplicativo, el cual permite hacer un monitoreo de los signos captados por la pulsera. [9]

En cuanto a las patentes, se identificaron 4, en las que destacan 3.

Dispositivo y método para obtener información de signos vitales de un ser vivo. Esta invención se relaciona con un dispositivo y un método para obtener información sobre los signos vitales. El dispositivo propuesto comprende una unidad de detección para recibir luz en por lo menos un intervalo de longitud de onda reflejada desde por lo menos una región de interés de un ser vivo y para generar una señal de entrada desde la luz recibida, una unidad de procesamiento para procesar la señal de entrada y derivar información de signos vitales del ser vivo a partir de la señal introducida mediante el uso de fotoplestismografía remota, una unidad de iluminación y una unidad de control para controlar la unidad de iluminación en base a la señal introducida. [10]

Dispositivo tipo brazalete para la captura, vigilancia, comunicación y análisis continuo de signos vitales en pacientes, y proceso de tratamiento de información generada. La invención está referida a un novedoso brazalete para el monitoreo, vigilancia y análisis continuo de signos vitales de una persona; caracterizado por comprender transductores de pulso radial, transductores de movilidad y transductores de temperatura; tarjeta de procesamiento de señales digitales para ejecutar aplicaciones en tiempo real, tales como: digitalización de señales, detección y categorización de eventos, almacenamiento de datos y protocolos de comunicación; un dispositivo GPS para determinar la localización del portador; dispositivos de comunicación inalámbrica y alámbrica para la transferencia de datos; y un sistema de procesamiento y almacenamiento de datos. En su conjunto, la función principal de los componentes de este proyecto consiste en proveer un servicio de vigilancia o monitorización continua y no invasiva de algunos signos vitales, que genere información útil para el diagnóstico y la atención oportuna de alteraciones en el comportamiento de las variables censadas, y de sus implicaciones en el estado de salud general del usuario. [11]

Sensor oximétrico con memoria digital que codifica datos del sensor.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un aparato y un procedimiento para permitir la identificación de un sensor utilizado con un monitor de sensor. La presente invención proporciona un chip de memoria para su empleo en un sensor oximétrico, o un adaptador asociado o circuito conector. El chip de memoria permite almacenar distintos datos a fin de brindar capacidades mejoradas al sensor oximétrico. Los datos almacenados en el chip de memoria incluyen información con respecto al empleo del sensor oximétrico. La memoria también puede codificar una gama de parámetros de operación, tales como los niveles de luz sobre los cuales puede funcionar el sensor, o una corriente máxima de alimentación. Los parámetros de operación son leídos por un circuito controlador que utiliza los datos leídos

del chip de memoria para controlar el funcionamiento del sistema oximétrico de impulsos. [12]

De acuerdo a todo lo investigado, se realizó una lista de requerimientos para el proyecto. Se consideró que la solución debería ser económica, accesible, ergonómica y estética, intuitiva, fiable, portable, no invasiva, resistente, segura, eficiente y versátil. Entre los aspectos, fiable, no invasivo y seguro representan de un 80 a 100% en importancia el el proyecto.

D. Objetivo del Proyecto

El dispositivo médico tiene como finalidad monitorear a distancia a los pacientes con COVID-19. Ello se realizará mediante la toma de algunos signos vitales como la saturación de oxígeno, el pulso cardíaco y la temperatura corporal; la toma de estos signos vitales permitirá saber el estado del paciente y el desarrollo de la enfermedad.

Al tener un correcto control de los signos vitales de los pacientes, se evitará que estas personas se encuentren en una situación grave, debido a que podrían presentar, por ejemplo, disnea o presión en el pecho, un síntoma que figura como señal de alerta urgente, lo cual podría complicarse e inclusive el paciente podría requerir un respirador artificial.

II. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

El sistema está constituido por dos módulos, uno principal y uno secundario. El principal cuenta con tres submódulos y el secundario tiene dos submódulos

A. Módulo principal

a. Submódulo de procesamiento:

Este submódulo consta de dos elementos los cuales estarán unidos mediante conexiones. Los elementos son el arduino pro mini y el Cp2102. El Cp2102 solo será utilizado para descargar el código en el arduino pro mini. Este es el submódulo encargado de procesar las señales obtenidas por el submódulo de recolección de señales, y compararlos con los estándares definidos en el código; los resultados obtenidos serán mandados al submódulo de visualización.

b. Submódulo de energía:

En este submódulo se encuentran el switch y las dos baterías de litio recargable de 3,7V a 250mAh. El switch será manipulado por el usuario, quien encenderá o apagará el dispositivo según el requerimiento del mismo. Este proceso causara que la energía almacenada en las baterías sea distribuida para el funcionamiento de sensores y pantalla. La duración de las baterías de litio es de 17 a 18 horas seguidas, posteriormente podrá ser recargada.

c. Submódulo de recolección de señales:

En este submódulo se encarga de recoger las señales brindadas por el entorno con será en pulso cardíaco, saturación de oxígeno y temperatura haciendo uso de los sensores de temperatura LM35 y pulsioxímetro MAX 30102. Estas señales son enviadas al procesador para su traducción y comparación con los datos colocados en el código de programación, luego son visualizados en la pantalla Oled. Los sensores se encuentran lo más cercano a la muñeca del usuario, la carcasa tiene un pequeño agujero para la luz infrarroja que emite el pulsioxímetro para recolectar las señales.

B. Módulo secundario

a. Submódulo de visualización:

En este submódulo se proyectan los datos obtenidos por el submódulo de recolección y procesados por el arduino pro mini. Estos datos se visualizan en una pantalla Oled SPI 0.96". La información es brindada al usuario por este submódulo y en caso los datos no se encuentren en el rango normal se muestra un mensaje de peligro.

b. Submódulo de soporte:

Este submódulo es la carcasa del dispositivo, permite que los otros submódulos permanezcan seguros, y la correa, la cual mantiene el dispositivo en la muñeca del usuario.

La carcasa del dispositivo cuenta con dos tapas, las cuales están unidas por presión entre ambas y dos tornillos 3 und-2B; y el dispositivo es sujetado a la muñeca mediante la correa ajustable que está conectada al dispositivo mediante las asas del mismo.

El submódulo cumple con ser ergonómico, se adapta a cualquier tamaño de brazo debido a la curva que posee y la correa ajustable; no resulta invasivo. Las medidas del submódulo son 5cm de ancho, 4.5cm de largo y 2.46cm de alto; permitiendo la movilidad de la muñeca del usuario sin incomodarlo.

III. DISEÑO DEL DISPOSITIVO

Aquí se presentan los materiales, métodos del diseño y fabricación. En el proceso de elaboración se utilizaron los programas de Inventor y Blender para el prototipado 3D , proteus y arduino para las simulaciones de circuitos y código.

A. Módulo estructural:

El soporte que se ha establecido para el dispositivo es una correa, la cual se colocará para la parte de la muñeca, puesto que nuestros sensores necesitan conectar con esta parte, así mismo se busca la comodidad del usuario. El material necesario para fabricar la correa será el neopreno,

este material plástico es un tipo de caucho sintético que es utilizado para la elaboración de materiales deportivos. La elección de este material fue por la flexibilidad que tiene.

El corte que se hará en el neopreno tendrá dimensiones necesarias para que se adentre en el dispositivo, teniendo en esta parte un poco menos de 2 mm de ancho, al igual que un aproximado de 16,5 cm o 21 cm, siendo esta la longitud de una muñeca.

La carcasa del dispositivo será fabricada con el material de PLA, en el que solamente se necesitará unos 30 gramos. El peso mencionado se estimó utilizando el software Cura, cuyo propósito es preparar un modelado para la impresión 3D; debido a la pandemia no se pudo realizar la impresión 3D. Las medidas del dispositivo son: 5cm de ancho, 4.5cm de largo y 2.46cm de alto (fig . 1). En estas medidas está considerada ya la curva para la ergonomía del usuario.

Contará con una pantalla Oled de 128x64, en donde el usuario podrá visualizar los datos que arroje el dispositivo, es decir, los valores captados por los sensores.

Para el accionar del dispositivo, se utilizará un switch deslizable, este lo encenderá y lo apagará. Estará ubicado en la tapa superior, en una cara lateral .

Tendrá dos tapas principales, la superior, por la cual sobresale la pantalla oled, el switch e internamente la batería recargable Li-Po de 3,7 voltios y de 250 mAh. y la inferior, que será la base del prototipo y tiene una curva para una mejor comodidad del usuario. Además, la tapa de baterías, este estará acoplado a la tapa superior e irá separado del resto de componentes con el fin de que el usuario pueda cambiar fácilmente las baterías.

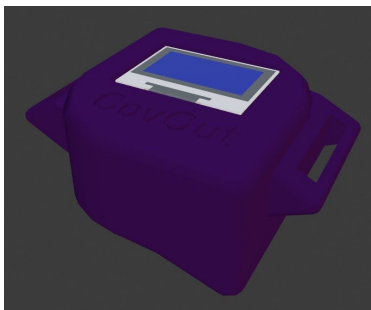


Fig. 1

B. Módulo adquisición:

Debido a la coyuntura actual de la pandemia por Covid-19 solo se simularon los circuitos con ayuda del software de Proteus e introduciendo el código realizado en arduino. Se realizaron múltiples simulaciones y se utilizaron circuitos electrónicos alternativos para detectar el pulso cardiaco y saturación de oxígeno reemplazando el MAX 30102 debido a que no se contaba con las librerías necesarias para su implementación. Así mismo se utilizó para la simulación una pantalla LCD, sin embargo, en el proyecto se está utilizando una pantalla Oled.

En la simulación se utilizaron un arduino pro mini, switch, sensor de temperatura, circuito de pulso cardiaco y saturación de oxígeno (fig . 2). Y el código implementado se realizó en arduino, este compila de manera correcta (fig . 3).

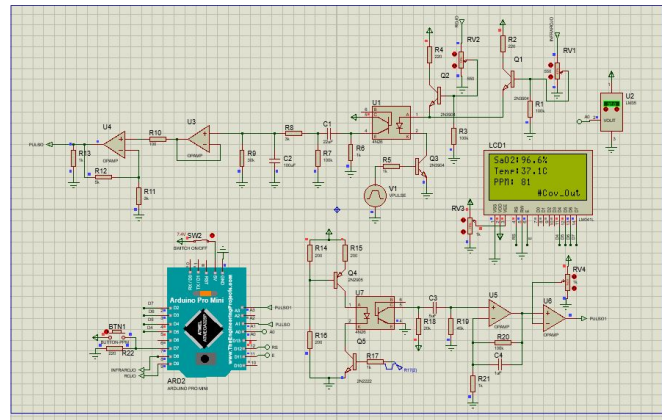


Fig. 2

```

Codigo_Hito3 $
#include <LiquidCrystal.h> //Libreria del LCD
#include <TimerOne.h> //Libreria para el tiempo
#include "MAX30105.h" //Librerias del oximetro
#include "spo_algorithm.h" //Algoritmo para calcular pulso y saturación

//Declarando las variables para el SaO2
int analogPin =A1;
int val=0;
int rojo(101);
int infra(101);
float Rmayor=0;
float Imayor=0;
int walls=0;
float Rmenor=0;
float Imenor=0;
float RR=0;
float II=0;
float R=0;
float I=0;
float Spo2=0;
//Declarando variables para la Temperatura
int sensor_pin = A0;
float tempC;
int lecturaTemp;
//Declarando variables para el PPM
int pul=6;
int reset=7;
int reset=0;
int tiempo=0;
int estado=0;
    
```

Fig. 3

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Resultados:

- Diseño 3D:

El diseño del brazalete se optimizó a través de las semanas en relación a su tamaño y comodidad para el usuario, lográndose el resultado de un prototipo cuyas dimensiones son de 17mm x 50mm x 45mm, en la cual contiene todos los compuestos anteriormente mencionados colocados de manera

estratégica para la medición correcta de datos y el ahorro correcto del espacio interno. Además, presenta una forma y ergonomía adecuada, así como un ajuste correcto en la zona de la correa para que el usuario pueda realizar sus actividades sin incomodidades y sin necesidad de preocuparse por la precisión que pueda tener los sensores al momento de medir sus signos vitales.

- Circuito eléctrico:

Para la elaboración del circuito se utilizaron los sensores y componentes electrónicos escogidos en la matriz morfológica elaborada en los entregables, todos conectados a sus pines correspondientes siendo el microcontrolador principal un Arduino Pro Mini. Esta se desarrolló en la aplicación de Proteus, utilizando las librerías oportunas y, debido a la falta de componentes funcionales, creando nuestros propios sistemas de sensores. El modelo escogido tiene como principales conexiones los sensores LM35, MAX30102 y el Display Oled 128x64. El dispositivo es alimentado por un voltaje total de 7.4V, las cuales al momento de llegar al Arduino, esta alimenta al resto de componentes con 5V mediante un regulador de voltaje incluido, evitando así posibles cortocircuitos.

- Placa de circuito impreso (PCB):

Por medio de la aplicación de KiCad y con el armado previo del circuito en Proteus, se pudo elaborar un esquema y réplica virtual en 3D de una placa compacta en la que estará toda la parte electrónica con el fin de optimizar el espacio del dispositivo si resulta pertinente su posterior desarrollo.

- Código de programación:

Luego de elaborar el diseño electrónico, se elaboró los códigos necesarios para que funcione cada sensor de manera correcta, ya sea con ayuda de librerías de Arduino o con cálculos propios que faciliten el entendimiento de este, todo con el fin de obtener un conjunto completo de instrucciones en la que cada uno sea controlada y explicada de manera ordenada. De esta manera, se obtuvo un código organizado del sensor de temperatura, del sensor de oximetría, de la muestra de datos del oled y del encendido/apagado del dispositivo.

- Simulación:

Por último, se juntó por medio de Proteus el circuito entero desarrollado con el código elaborado en Arduino, probando el funcionamiento del esquema y optimizando la precisión con la que mide cada sensor. Debido a que se realizó el proyecto de manera virtual, se realizaron ligeros cambios tanto en el circuito como en el código solo para la muestra de simulación, ya que los componentes de Proteus no realizan las tareas de la misma manera como lo haría uno real, dando como resultado final el objetivo esperado, la cual es de medir y mostrar eficientemente los signos vitales de

temperatura porcentaje de saturación de oxígeno en la sangre y el pulso cardiaco de manera sincrónica y constante.

B. Costos de fabricación:

El proyecto realizado consta de un total de 9 materiales, entre estos se encuentran sensores, componentes electrónicos y materiales de soporte, por ello se necesita una logística del costo total necesario para fabricarlo, las cuales vienen a ser las siguientes:

Tabla 1. Costos de materiales del dispositivo

Material	Cantidad	Costo (soles)
Batería recargable Li-Po 3.7V, 250mAh	2 componentes	S/.40
Switch deslizable	1 componente	S/.5
Sensor analógico LM35	1 componente	S/.5
Sensor pulsioximétrico MAX30102	1 componente	S/.30
Arduino pro mini 16Mh/5V	1 componente	S/.15
Pantalla Oled 128x64	1 componente	S/.25
Convertor USB CP2102	1 componente	S/.12
PLA	30g	S.2.00
Neopreno	0.1cm/2cm/20cm	S/.0.20

Con el precio obtenido y aproximado de cada material, se estableció un precio general, que vendría a ser alrededor de 134 nuevos soles para el desarrollo adecuado de un dispositivo.

C. Discusiones:

Inicialmente, el diseño del brazalet presentaba un diseño robusto y grande debido al tamaño de algunos componentes y el añadido de partes que podían omitirse sin afectar al rendimiento del dispositivo. Se decidió primero cambiar la batería de 9V a una que redujera el espacio de manera óptima, con lo cual se propuso usar 2 baterías de litio de 3.7V ya que ocupan menos espacio y permite recargarlas con el fin de ahorrar en la compra de unos nuevos. A su vez, se decidió quitar el convertor USB CP2102 ya que solo se usará para pasar los códigos al Arduino Pro Mini y se optó por eliminar un componente extra llamado ADS1115, su función principal era de aumentar la precisión de datos enviados por los sensores, aun así, se observó que con el microcontrolador escogido se tenía una exactitud suficiente para alcanzar los objetivos pedidos. Con todo ello se pudo reducir el tamaño a uno que llega a ser poco más grande al tamaño promedio de un reloj deportivo, la cual es alrededor de 50mm.

El circuito eléctrico se elaboró primero en Fritzing para obtener de manera confiable las conexiones necesarias para el funcionamiento inicial del

dispositivo. Con la base hecha se procedió a la elaboración del dispositivo en Proteus, dando como resultado la falta de algunos componentes para su posterior simulación, ante ello se desarrollaron primero esquemas propios que cumplían las mismas funciones del componente original. De esta manera se obtuvo un sensor funcional de oximetría y del ritmo cardiaco en reemplazo al sensor MAX30102.

Para el desarrollo de los códigos y su simulación respectiva, primero se desarrolló por separado cada sensor con el fin de probar su funcionamiento y calibrarlo de manera independiente, de esta manera se tuvo un mayor control de cómo estaba organizado la simulación. Luego de revisar de manera correcta cada componente, se pudo finalmente unir cada una de las instrucciones para formar el código completo del proyecto, mostrando la eficiencia y precisión pedida.

V. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Para concluir, cabe resaltar que el coronavirus también conocido como SARS-CoV-2 es un síndrome respiratorio agudo grave. Además de conocer presenta una característica estructural única, es el dominio de unión del receptor de la glicoproteína de la espiga del SARS-CoV-2.

Entonces, el trabajo realizado el cual tiene como producto un dispositivo portátil para la monitorización de un paciente que presente los síntomas de dicha enfermedad (Covid-19), cumple con los requerimientos establecidos, es decir mide los datos vitales de la persona que en este caso son SaO₂ (saturación de oxígeno), PPM (Pulsaciones por minuto) y la temperatura, a través de los sensores añadidos, con una incertidumbre baja.

La importancia de este trabajo radica en controlar el impacto de esta enfermedad en el ámbito de la salud, donde no solamente la salud de las personas se vio afectada, sino también los establecimientos de salud se vieron afectados por la saturación de personas, esto debido a no tener una forma poder comprobar si los síntomas que tienen son de la enfermedad. Por tal motivo se diseñó el dispositivo anteriormente mencionado.

En fin, el prototipo realizado en este trabajo puede ser utilizado por cualquier persona por lo sencillo de su funcionamiento y por la eficacia de sus resultados. Más aún, cabe señalar que el prototipo realizado puede ser mejorado por diversas empresas o instituciones que tomen este trabajo como un punto de partida, agregándole mejores sensores, así como realizando un mejor diseño.

VI. REFERENCIAS

[1] "Minsa: Casos confirmados por coronavirus Covid-19 ascienden a 986 130 en el Perú (Comunicado N°355)", Gob.pe, 2020. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/320762-minsa-casos-co>

nfirmados-por-coronavirus-covid-19-ascienden-a-986-130-en-el-peru-comunicado-n-355. [Accessed: 15- Dec- 2020].

[2] Minsa brinda recomendaciones sobre los cuidados que deben seguir los pacientes asintomáticos", Gob.pe, 2020. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/208244-minsa-brinda-recomendaciones-sobre-los-cuidados-que-deben-seguir-los-pacientes-asintomaticos/>.

[3] *Phrp.com.au*, 2020. [Online]. Available: <https://www.phrp.com.au/wp-content/uploads/2020/06/PHRP3022009>. [Accessed: 29- Sep- 2020].

[4] "How Binah.ai's Real-Time, Remote Vital Signs Monitoring Solution Can Help Combatting the Spread of COVID-19", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.binah.ai/industry-digital-health-covid-19/>. [Accedido: 21-setiembre-2020]

[5] "COVID Symptom Study - Help slow the spread of COVID-19", *Covid.joinzoe.com*, 2020. [Online]. Available: <https://covid.joinzoe.com/>. [Accessed: 29- Sep- 2020].

[5]A. Conner-Simons, "CSAIL device lets doctors monitor COVID-19 patients from a distance | MIT CSAIL", *Csail.mit.edu*, 2020. [Online]. Available: <https://www.csail.mit.edu/news/csail-device-lets-doctors-monitor-covid-19-patients-distance>. [Accessed: 22- Sep- 2020].

[6] "Health. Powered by Ada.", *Ada*, 2020. [Online]. Available: <https://ada.com/>. [Accessed: 21- Sep- 2020].

[7] E. D. Fein Michael, P. D. Manheimer, A. Merchant, C. Porges y D. Swedlow, «SENSOR OXIMETRICO CON MEMORIA DIGITAL QUE CODIFICA DATOS DEL SENSOR». España Patente 2309087, 18 Diciembre 2008.

V. Bonacini, «SISTEMA DE CONTROL DE ELEVACION DE TEMPERATURA CORPORAL EN PACIENTES CON ACTIVACION DE ALARMA». España Patente 2153742, 01 Marzo 2001.

[8] "COVID-19 - VitalConnect", *VitalConnect*, 2020. [Online]. Available: <https://vitalconnect.com/covid-19-remote-patient-monitoring/>. [Accessed: 23- Sep- 2020].

[9] D. Rivera, B. Morales, P. Vazquez and I. Cortese, "MX348543 DISPOSITIVO TIPO BRAZALETE PARA LA CAPTURA, VIGILANCIA, COMUNICACION Y ANALISIS CONTINUO DE SIGNOS VITALES EN PACIENTES, Y PROCESO DE TRATAMIENTO DE INFORMACION GENERADA.", *Patentscope.wipo.int*, 2017. [Online]. Available: https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=MX130540983&_cid=P11-KFNMKV-02231-1.

[10] V. Bonacini. España Patente 2153742, 2001.

[11] D. M. Raley y R. Nichols. España Patente 2224334, 2005.

[12] V. Bonacini, «SISTEMA DE CONTROL DE ELEVACION DE TEMPERATURA CORPORAL EN PACIENTES CON ACTIVACION DE ALARMA». España Patente 2153742, 01 Marzo 2001.